

УДК 651.326

В.В. ЛИМАРЕНКО, ст. преп., НТУ "ХПИ",
И.П. ХАВИНА, канд. техн. наук, доц., НТУ "ХПИ"

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДЛЯ СППР ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

В работе рассмотрены вопросы выбора входных параметров системы поддержки принятия решений (СППР) технологического процесса механообработки деталей для авиадвигателестроения. Перечислены основные параметры, имеющие практическое влияние на процесс механообработки, и показаны связи между ними. Библиогр.: 8 назв.

Ключевые слова: входные параметры, система поддержки принятия решений, технологический процесс, механообработка.

Постановка проблемы и анализ литературы. Общеизвестным атрибутом высокоразвитого государства в наше время является способность создания и производства изделий авиационной техники. К особенностям авиационного двигателестроения необходимо отнести: высокую точность деталей и изделий в целом; сложность конфигурации деталей; широкое применение труднообрабатываемых и дорогих материалов; большое разнообразие используемых процессов механообработки; жесткий контроль качества; сравнительно частую смену объектов производства; мелкосерийность производства и использование сверхсовременного дорогостоящего оборудования [1]. При этом на одних и тех же инструментальных комплексах могут производиться несколько наименований различных деталей. С учетом этих особенностей на первое место выдвигается проблема повышения производительности технологических процессов (ТП).

Повышение производительности ТП механообработки выражается в уменьшения затрат времени и средств на изготовление одной единицы изделия, при условии гарантированного сохранения необходимого качества и заданных свойств изделия, и выдвигает на первый план задачу повышения качества планирования ТП механообработки [2, 3].

Задачи синтеза ТП решаются в два этапа: первый направлен на создание структуры ТП – структурный синтез, второй – на поиск параметров структуры, при которых объект будет функционировать с учетом всех ограничивающих факторов – параметрический синтез [4]. Задача параметрического синтеза ТП механообработки является более сложной задачей, что объясняется тем, что ТП механообработки

характеризуются низкой формализацией при многовариантности решений, многомерностью, наличием эмпирической информации и скрытых объективных законов. Для ТП механообработки характерно наличие большого количества входных параметров и сложных взаимосвязей между ними [4 – 7]. В связи с этим задача параметрического синтеза превращается в многокритериальную оптимизационную задачу (МОЗ). При решении МОЗ необходимо учитывать, что оптимальное решение по одному критерию, как правило, оказывается не лучшим по значениям других критериев. Поэтому, вместо оптимального для всех параметров, в математическом смысле, решения, приходится ограничиваться либо Парето-оптимальным решением, либо решением, полученным по методу ведущего (главного) решения, т.к. такие методы как: метод последовательных уступок, метод линейной свертки, метод максимальной свертки, метод минимакса и т.п. являются либо слишком приближенными, либо идеализированными, либо имеют большое количество приближений и допущений [8].

Для реализации системного подхода к автоматизированному синтезу оптимальной структуры, расчета и реализации оптимального технологического процесса необходимо создание специальной управляющей системы – системы поддержки принятия решений (СППР).

СППР позволит в значительной мере сократить время, необходимое на принятие обоснованных инженерных решений в условиях неопределенности, вызванной необходимостью учитывать большое количество переменных факторов и параметров в ходе решения МОЗ для параметрического синтеза.

Одним из механизмов, позволяющих осуществить процесс синтеза с учетом влияния существующих факторов и параметров, а также накопленных эмпирических данных является использование элементов искусственного интеллекта.

В работе [4] приведены результаты теоретических исследований с использованием системного подхода процессов механической обработки с целью построения их математических моделей и разработки методов структурной и параметрической оптимизации технологических процессов. Описаны методы выбора вида заготовки, маршрута обработки, структуры технологической операции, рациональной системы станочных приспособлений и др. Особенности параметрической оптимизации ТП рассмотрены на примерах многокритериальной и многопараметрической оптимизации режимов механической обработки. В работе [1] описаны технологии на основе нейронных сетей для задачи проектирования дисков компрессора газотурбинного авиационного двигателя. В работе [6] подробно рассмотрены физические процессы,

происходящие в зоне резания: стружкообразование, контактные явления, теплообмен, изнашивание инструментов, обрабатываемость материалов, формирование обработанной поверхности и др. Особое внимание уделено современным процессам обработки – резанию на станках с ЧПУ, сверхскоростному резанию, резанию с подогревом.

Цель статьи – определение набора входных параметров СППР механообработки с учетом их практического влияния на процесс.

Определение входных параметров СППР. Эффективность параметрической оптимизации процесса резания определяется полнотой используемых входных параметров: v – скорости резания, s – подачи, t – глубины резания, P_z – силы резания, T – стойкости инструмента, а также температуры в зоне резания, охлаждения, геометрии инструмента, мощности станка, свойств материала заготовки, заданной точности обработки и т.д. Управляющими параметрами являются v , s и t . Между тем, v – ограничивается мощностью станка и стойкостью инструмента, t – припуском на обработку, а s – эффективной мощностью и крутящим моментом станка, прочностью слабого звена механизма подачи станка, жёсткостью обрабатываемой детали, прочностью и стойкостью инструмента, шероховатостью обработанной поверхности [3, 7, 8]. При этом стойкость инструмента, в свою очередь, зависит так же от целого ряда факторов. Однако необходимо отметить, что влияние тех или иных параметров либо факторов величина не постоянная и может меняться от минимальной до критической в каждом отдельном случае и в зависимости от вида обработки [7].

Как показано в [3, 4] в качестве критерия для параметрической оптимизации процесса точения наиболее выгодно использовать максимальную производительность оборудования Π

$$\Pi = \frac{1000Tv_s}{\pi DL}, \quad (1)$$

где D – наибольший диаметр поверхности резания; L – длина детали.

Так же в [4] доказано, что максимальная производительность соответствует критерию минимальное штучное время резания $t_{шт.р}$

$$t_{шт.р} = t_p(\lambda + t_{см}/T), \quad (2)$$

где t_p – время резания; λ – коэффициент резания; $t_{см}$ – время на смену и переналадку инструмента.

Выразим критерий (2) для операции точения через основные параметры v , s и t с учетом зависимости скорости от стойкости и частоты вращения заготовки

$$t_{\text{шт.р}} = \frac{\pi D L h}{1000 v s t} \left(\lambda + \frac{t_{\text{см}} v^{l/m} t^{x/m} s^{y/m}}{C_v^{l/m}} \right), \quad (3)$$

где h – толщина слоя, удаляемого на операции; x , y – показатели степени переменных в формуле скорости резания; m – показатель относительной стойкости; C_v – постоянный коэффициент, характеризующий нормативные условия обработки.

При этом необходимо так же учитывать, что на такие параметры, как v , s и t действуют дополнительные ограничения. Так v для различных режимов обработки определяется по формуле

$$v = \frac{C_v D^{z_v} k_v}{T^m t^x s^y z^u B_\phi^r}, \quad (4)$$

где z_v , u , r – показатели степени при переменных в формуле скорости резания; k_v – поправочный коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала, состояние поверхности заготовки, характеристику режущего инструмента; z – число зубьев режущего инструмента; B_ϕ – ширина фрезерования.

Еще одним параметром, играющим значительную роль, особенно на этапе чистовой (финальной) обработки, является требуемая шероховатость поверхности – R . Этот параметр устанавливает взаимосвязь между v , s и допустимой высотой или формой шероховатости поверхности. Данная зависимость представляется в виде следующего выражения

$$R = k_1 n^{k_2} s^{k_3} t^{k_4} \phi_1^{k_5} \phi^{k_6} r^{k_7}, \quad (5)$$

где k_1, \dots, k_7 – экспериментально устанавливаемые коэффициенты; n – частота вращения заготовки; ϕ , ϕ_1 , r – параметры геометрии режущей части инструмента.

Необходимо так же отметить, что правильность и адекватность математической модели процесса механообработки зависит, в первую очередь, от выбора технических ограничений, которые в наибольшей степени определяют описываемый процесс [8]. Приведенные выше параметры и зависимости являются общими для всех процессов

механообработки и обязательно должны учитываться в качестве входных параметров СППР.

Выводы. В результате анализа работ [3 – 8] и зависимостей (1) – (5) были определены входные параметры СППР процесса механообработки.

Список литературы: 1. Богуслаев А.В. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей: монография / А.В. Богуслаев, Ал.А. Олейник, Ан.А. Олейник, Д.В. Павленко, С.А. Субботин. – Запорожье: ОАО Мотор Сич, 2009. – 468 с. 2. Erdélyi F. Advanced simulation of NC turning operations / F. Erdélyi, O. Hornyák // Production Systems and Information Engineering, Miskolc, – 2003. – V. 1. – P. 41-53. 3. Вереzub Н.В. Системный анализ, структурная и параметрическая оптимизация технологических процессов / Н.В. Вереzub, Е.В. Островерх, А.А. Симонова. – Х.: НТУ "ХПИ", 2012. – 170 с. 4. Рыжов Э.В. Оптимизация технологических процессов механической обработки / Э.В. Рыжов, В.И. Аверченков. – К.: Наукова думка, 1989. – 344 с. 5. Вейц В.Л. Динамика и моделирование процессов резания при механической обработке / В.Л. Вейц, В.В. Максаров, П.А. Лончих. – Иркутск: РИО ИГиУВа. – 2000. – 189 с. 6. Яцерицын П.И. Теория резания / П.И. Яцерицын, Е.Э. Фельдштейн, М.А. Корниевич. – Минск: Новое знание, 2008. – 512 с. 7. Аверченков В.И. Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ: монография / В.И. Аверченков, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – Брянск: БГТУ, 2010. – 148 с. 8. Феофанов А.Н. О методах многокритериальной оптимизации в связи с их применением к задаче построения гибких автоматических линий (ГАЛ) / А.Н. Феофанов, И.В. Иевлев // Стружка. – М.: Роспечать. – 2006. – № 3 (14). – С. 20-23.

Поступила в редакцию 15.03.2013

После доработки 28.04.2013

Статью представил д-р техн. наук, проф. НТУ "ХПИ" Вериzub Н.В.

УДК 651.326

Визначення входних параметрів для СППР процесів механообробки / Лимаренко В.В., Хавіна І.П. // Вісник НТУ "ХПИ". Серія: Інформатика та моделювання. – Харків: НТУ "ХПИ". – 2013. – № 39 (1012). – С. 129 – 133.

В роботі розглянуті питання вибору входних параметрів системи підтримки прийняття рішень (СППР) технологічного процесу механообробки деталей для авіадвигунобудування. Перераховані основні параметри, що мають практичний вплив на процес механообробки і показані зв'язки між ними. Бібліогр.: 8 назв.

Ключові слова: входні параметри, система підтримки прийняття рішень, технологічний процес, механообробка.

UDC 651.326

Determination of input parameters for machining process DSS / Limarenko V.V., Havina I.P. // Herald of the National Technical University "KhPI". Subject issue: Information Science and Modelling. – Kharkov: NTU "KhPI". – 2013. – №. 39 (1012). – P. 129 – 133.

The paper deals with the choice of input parameters of a decision support system (DSS) technological process machined parts for aircraft engine. Are the key parameters that have practical effects on the process of machining, and shows the links between them. Refs.: 8 titles.

Keywords: input parameters, decision support system, technological process, machining.